

電源や水道設備のない場所でも利用できる トマト育苗自動灌水システムの開発

田村晃一・原昌生・湯本弘人*

要 旨

電源や水道設備のない場所でも利用できるトマト育苗自動灌水システムを開発した。日射量と土壌水分量を測定することで灌水を自動化し、少量多回数の灌水により徒長しない良苗を生産することができる。作業時間は、慣行の手灌水に比べおよそ1割に低減できる。

緒 言

群馬県北部に位置する片品村では、従来、ダイコンなどの畑作が中心であったが、1998年頃から雨よけトマトへの転換が進められてきた。夏季は涼涼で昼夜の気温差が大きく、中山間地特有の気候で栽培されるトマトは、尾瀬トマトのブランドで、全国有数の夏秋トマトの産地となっている。2016年時点で、栽培面積29.4ha、生産者数72人となり、1993年と比べ栽培面積は5.9倍、生産者数は3.3倍と増加し、現在も産地拡大が進められている¹⁾。

片品村でのトマト栽培はパイプハウスを使った雨よけ栽培が行われている。被覆資材は、冬季は降雪のためすべて撤去し、春先に新たに張り、育苗の準備を行う。播種は3月下旬、定植は6月下旬から行われ、作業が重複しないように播種時期を何段階かにずらして行っている生産者が多い。鉢上げ後からは灌水作業が増え、多い時には1日に2回行うこともある。また、定植前になると、定植ハウスの被覆張りや、マルチ張りなど、多くの作業が重なり、繁忙になる。

育苗や定植ハウスに電気や水がないところが多くあり、村内に設置された水くみ場からトラックに乗せたタンクで給水・運搬して、エンジン動噴やエンジンポンプにより灌水を行っている。

育苗時の灌水作業は、動噴などのホース先端にバ

イプを取り付けて行う。水の勢いで鉢から培土が流れでないように、パイプの先端に布を巻き付けた資材を利用し、水压を低くして株元に1鉢ずつ行っている。そのため、多くの作業時間を要している。

苗は定植時に定植ハウスまで運搬するため、徒長すると取り扱いが悪くなる。また、定植時も苗が自立せずに倒れてしまい、すぐに吊らなければならないなど、手間がかかる。そのため、徒長しない苗が求められている。徒長しない苗の育苗には、鉢の水管理が重要になるが、熟練を要することから経営者が行うことが多い。しかし、経営者が灌水作業を行うことで、作業者を雇用した場合でも他の作業の指示が行えず、規模拡大を図る上で障害となっている。そのため、電源や水道設備のないところでも利用できる灌水作業の省力化技術が求められていた。

従来からある灌水技術としては、タイマー灌水、土壌水分センサーによる灌水、日射センサーによる灌水などがある。タイマー灌水では土壌水分量に関係なく定時に灌水され、土壌水分センサーによる灌水では、灌水を行わない雨天や夕方以降などでも土壌水分量が低下すると灌水される。

日射センサーを利用した日射制御型拍動自動灌水装置²⁾で所内試験を行ったところ、土壌水分量が高い場合でも灌水され、徒長した苗になるなど、ポット育苗での利用は難しかった。そのため、日射量と土壌水分量の両方を考慮したシステムが必要であった。

そこで、(株)ソフトウェア研究所(群馬県高崎市)と共同で自動灌水システムを開発した。本システムは2015年から市販化され、その後、メーカーによ

* 株式会社ソフトウェア研究所

本報告の一部は日本農作業学会平成28年度春季大会で口頭発表した

り制御系統数の増加などの機能向上が行われた。

システム開発の前提条件

システムの中核となる灌水コントローラは新たに製作した。開発にあたっては以下の点を条件とした。

- 1 電源や水道設備のない場所でも利用できる
- 2 土壌水分量に応じて自動で灌水する
- 3 雨や曇りの日は灌水を止めることができる
- 4 必要な時間帯のみ灌水できる
- 5 播種日の違う苗に同時対応できるように複数の制御系統を備える
- 6 3~4号鉢の株元に灌水できる

システムの概要

灌水システムは、灌水コントローラ、バッテリー、太陽電池モジュール、日射量計、土壌水分量計（以下、水分量計）、貯水タンク、水中ポンプ、電磁弁、点滴チューブ及び配管類から構成される（図1）。

電源は廉価な鉛12Vバッテリーを利用し、太陽電池モジュールで充電を行い、灌水コントローラ、水中ポンプ、電磁弁等の動作電源となる。100V電源がある場合には、バッテリーと太陽電池モジュールが不要になる。

灌水用の水は、作業の空いている時間に貯水タンクに貯めておくことができる。灌水資材は、鉢の株元に均一に灌水でき、低圧の水中ポンプで利用可能な点滴チューブを利用した。水中ポンプの動作時間により、1鉢あたりの灌水量を設定できる。

新たに開発した灌水コントローラは、日射量とポットの土壌水分量を測定し、設定した条件を満たした時に出力信号により水中ポンプと電磁弁を動作させ、自動で灌水できる。灌水時間帯の設定や、土壌水分量、日射量を細かく設定できるため、曇天や夕方土壌水分量が低くても灌水をしない。

また、設定により少量多回数の灌水や、慣行灌水と同様に一度に多量の灌水を行うことができる。

水分量計は取り扱いが簡便で、ポットでも測定が可能な小型の誘電率式体積含水率計（（株）A・R・P社製WD-3-W-5Y）を利用した（図2）。

試験方法

実証試験を、2014年に利根郡片品村東小川におけ

る農家育苗ハウス2棟（1棟約1600鉢、間口5.4m×奥行35m、傾斜入り口から奥へ上り2度）で実施した。

品種「桃太郎セレクト」、培土「ニッピ良菜培土SP200（窒素200mg、リン酸2500mg、カリウム200mg/L）」、ポリ鉢（4号）を用いた。5月3日にセルトレイ（128穴）に播種した。5月22日に鉢上げ、5月28日に鉢広げをして、6月23日に定植した。鉢広げは、鉢中心間で縦方向20cm、横方向20cmの千鳥になるように配置した。

鉢広げ後から定植までの育苗期間について、自動灌水区と慣行灌水区における苗の生育、灌水量、作業時間調査を行い、定植後に第4果房までの収量、品質を調査した。

自動灌水区の灌水コントローラの設定は、少量多回数灌水にするため、1鉢あたりの灌水量は70mL程度となるよう1回の灌水動作時間を4分30秒に設定し、水分量計の設定値は、苗が萎れ始める状態時の20%とした。日射量設定値は、晴れや、明るい曇天の場合は灌水され、暗い曇天や雨の日では灌水しない設定にするため、250Wとした。灌水時間帯は7時から14時とした。

水分量計は1制御系統に対して1基となるため、蒸散量の少ない苗は避け、生育のやや良い苗に設置した（図3）。

水の流れる方向は、ハウス内に傾斜があるため、ハウス奥を上流、入り口側を下流とし、早く水が流れるようにした。

点滴灌水チューブは、ネタフィムジャパン（株）ストリームライン60（灌水孔間隔20cm、内径16.1mm、外径16.4mm）とし、チューブ間隔20cm、隣のチューブと灌水孔が千鳥になるように配置し、22m×15本（1ベット5本×3ベット）とした（図4）。水中ポンプは（株）工進BL-2512N（吐出口径25mm、最大吐出量63L/min、全揚程4m、DC12V、7.8A）を利用し、貯水タンクからチューブまでの配管はVP25（内径25mm）で行った。点滴灌水チューブが目詰まりしないようディスクフィルター（120メッシュ）を使用した。

慣行灌水区は、ホース先端にパイプを取り付け、その先端に水の勢いを弱くするための布を巻き付けた資材を利用し、生産者が苗のしおれ程度や天候などをみながら、1鉢ずつ手灌水を行った（図5）。1回の灌水量は、鉢の上端部いっぱいまで灌水した。

作業時間の算出方法は、自動灌水区はシステムの

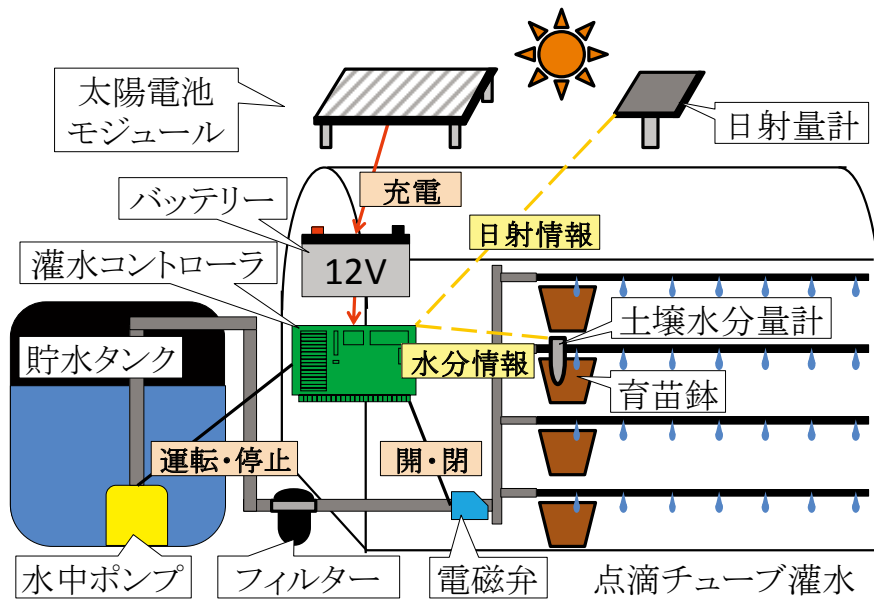


図1 灌水システムの概要

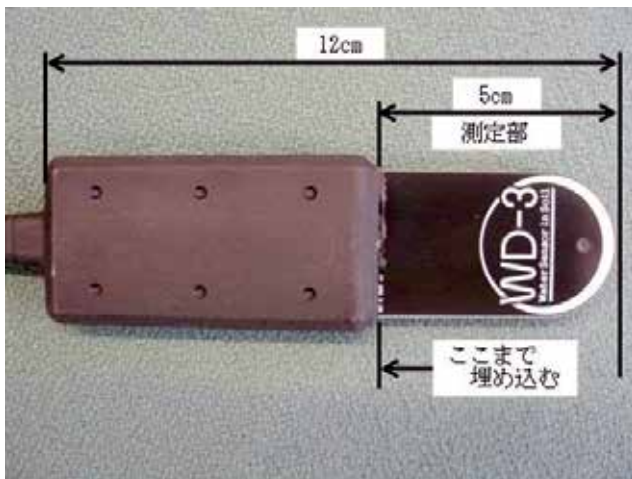


図2 水分量計



図3 水分量計設置状況



図4 自動灌水



図5 慣行灌水

設置・撤去にかかる時間、慣行灌水区は灌水作業にかかる時間を定植 10a 分の苗 (1800 鉢) に換算して比較した。

片品村では多くの生産者が、育苗は専用ハウスではなく、定植ハウスも兼ねているため、自動灌水システムは育苗開始前に設置し、定植時に撤去する必要がある。そのため、設置および撤去しやすいように塩ビ配管はユニオン継ぎ手を使用し、ユニット単位で分解可能にした。また、取り外した点滴チューブは、ハウスサイド上部につり下げの方法とし、作業時間を短縮した。

結 果

自動灌水区は、点滴チューブ内に水が満たされ、灌水孔から均等にでるまでに 1 分 30 秒程度かかり、安定時の圧力は、点滴チューブ上流位置で 36kPa、下流位置で 38kPa となった。灌水停止直後は、ハウス内の低い位置の点滴チューブから水垂れが発生し、灌水量のばらつきがみられた。

自動灌水区では、水分量はおよそ 18~30%で推移し、慣行灌水区と比べ灌水後の水分量の上昇が少なかった。灌水時間帯以外や日射量が設定値以下の場合では灌水されず、水分量設定値 20%を下回った。

慣行灌水区では、灌水直後に水分量が大きく上昇し、育苗期間前半では日中の水分量低下が緩やかで、夜間の水分量が 40~50%と高い状態が多く見られた (図 6)。育苗期間後半では日中の水分量低下が早く、夜間ではおよそ 30%まで低下したが、日射が少ない日は水分量の低下が遅く、夜間でも高い状態になった。

灌水回数と 1 鉢あたりの合計灌水量は、自動灌水区が 27 回で 1998ml、慣行灌水区が 13 回で 2314ml となった (表 1)。

定植時苗の成長点の高さは、自動灌水区が 31.3cm、慣行灌水区が 41.3cm で、葉の広がり、自動灌水区が 32.5cm、慣行灌水区が 42.0cm となり、生育に差が見られた。

収穫量は、自動灌水区が 2.4kg/株、慣行灌水区が 2.2kg/株で、チャック果・窓あき果は、自動灌水区が 7.9%、慣行灌水区が 9.2%、花落ちは、自動灌水区が 9.2%、慣行灌水区が 6.6%となり、収穫量と障害果は同程度となった (表 2)。

灌水に係る作業時間は、自動灌水区では、育苗前のシステム設置と使用後の撤去に合計で 84 分かか

る。慣行灌水区では、灌水回数は 1 回あたり 55 分かかり、13 回で合計 715 分となった (表 3)。

考 察

自動灌水区は、少量多回数の灌水設定のため、灌水後の水分量の上昇が少なく、午後に灌水を行った場合でも、夜間の水分量を低くできる。水分量設定値の 20%以下になった場合でも、日射量や灌水時間帯が条件を満たしていない場合は灌水されていないが、生育上の問題はみられなかった。

慣行灌水区での少量灌水は、均一灌水が難しいことや、灌水の回数が増え手間がかかることから行わず、通常、鉢の上端部いっぱいまで灌水する。そのため、苗の蒸散量が少ない育苗期間前半では、夜間に水分量が高い状態が頻繁にみられた。育苗期間後半でも、通常は灌水を控える午後に灌水を行った場合には、夜間でも高い水分量となる。また、作業の都合などで、水分量が下がりきらない状態での灌水もみられた。

定植時の苗の生育は、自動灌水区が慣行灌水区に比べ、草丈が低く、草冠の小さいしまった苗となった。自動灌水区は、夜間の水分量が低いことで、苗の徒長が押さえられたことが主な要因と考えられる。自動灌水区と慣行灌水区で育苗した苗を定植したところ、1 段から 4 段目までの収量・品質は、収穫量、障害果の割合に差はみられず、問題はなかった。

育苗期間における 1 鉢の灌水量の合計は、自動灌水区が 1998ml、慣行灌水区が 2314ml と、およそ 14%削減でき、水くみにかかる時間も減らすことができる。

自動灌水区では、設置、撤去が必要になるが、灌水が自動で行われる。そのため、定植苗 10a 分 (1800 鉢) では、慣行灌水区に比べ自動灌水区ではおよそ 9 割削減できる。また、自動灌水区の鉢ならばは、点滴チューブの穴の位置が目安となるため、慣行灌水区の鉢ならばよりも作業しやすいなどの利点も確認できた。

慣行灌水では、生産者が天候などを予測しながら灌水を行っているが、急に晴れた場合は苗が萎れだし、すぐに灌水が必要な場合がある。しかし、灌水には 1 鉢あたりおよそ 2 秒かかるため、すべての苗に灌水されるのに時間がかかり、葉や成長点が焼けることがある。自動灌水では、数分ですべての鉢に

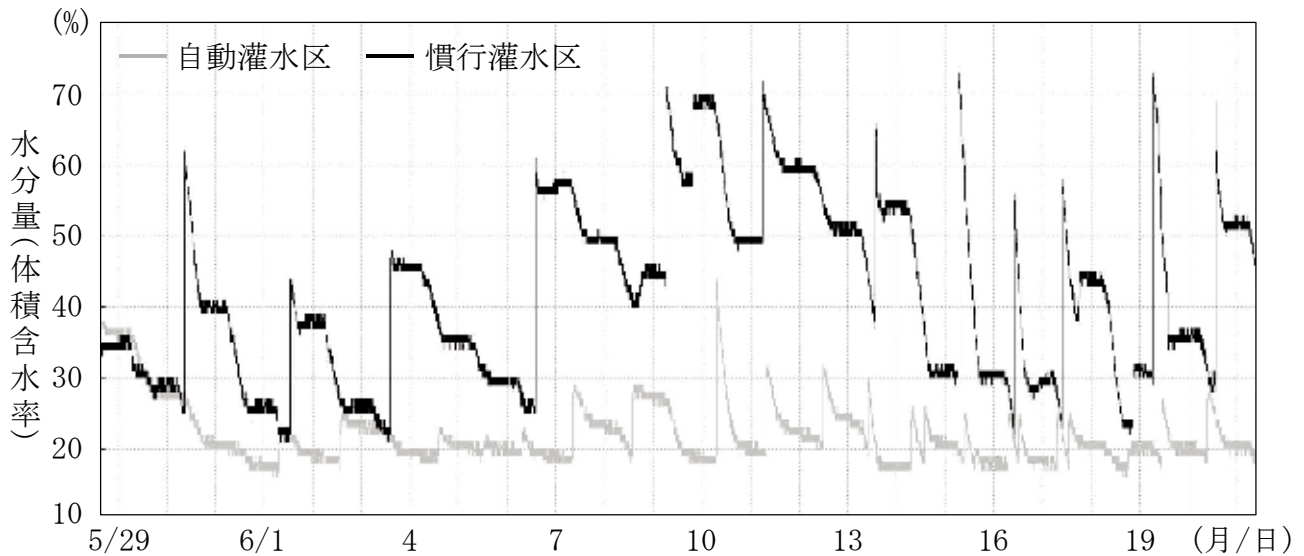


図6 育苗期間の土壌水分量の変化（調査期間 5/28～6/22）

表1 灌水方法の違いによる定植時の苗の生育

灌水方法	灌水回数 (回)	灌水量 (1鉢の合計) (ml)	成長点高さ (cm)	葉のひろがり (cm)	葉齢 (葉)	地際部太さ (mm)
慣行灌水	13	2314	41.3	42.0	9.5	6.6

注1) 調査期間5/28～6/22、生育調査日 6/19

2) 調査苗は1区あたり5株

3) 鉢上げ時の成長点高さ9cm、葉齢4.2

4) 葉のひろがりは、真上から見た草冠の直径

表2 灌水方法の違いによる収量・品質

灌水方法	収穫量 (kg/株)	上物重量 (kg/株)	上物平均1果重 (g)	障害果の割合（個数割合）	
				チャック果・窓あき果 (%)	花落ち (%)
自動灌水	2.4	1.9	164	7.9	9.2
慣行灌水	2.2	1.9	165	9.2	6.6

注1) 収穫期間は8/7～9/16、品質調査のため摘果なし

2) 収穫段数は第4果房まで

3) 上物はA品とB品の合計

4) 障害果の割合は、収穫量に対する障害果（100g未満の規格外も含む）の割合

5) 調査株は1区あたり5株

表3 灌水作業時間の比較(分/1800鉢)

灌水方法	設置	灌水作業	片付け	合計
自動灌水	43	-	41	84
慣行灌水	-	715	-	715

注1) 灌水システム設置は、資材配置、組立て、電気配線、チューブ張りなどに要する時間

2) 資材調達、配管設計、配管のり付け製作などは初年度のみ必要なため上記のシステム設置時間に含まない

3) 塩ビ配管はベットごとに片付けられるようにユニオン継ぎ手で取り外し可能とした

4) 自動灌水は、チューブ15本（1ベット5本×3ベット）、チューブの長さ24m/本、点滴間隔20cm、チューブ列間20cm

5) 慣行灌水は、1回あたりの作業時間を計測し、灌水回数を乗じた

水が行き渡るため、焼けの心配が少ない。

本システムは 2014 年から現地農家で実証試験を行い、生産者を対象とした現地研修会での展示や、システムの利用を希望する農家への貸し出しなどで情報発信を行ってきた。これにより、導入者が年々増加した。灌水コントローラ導入のメリットは大きいですが、導入コストがかかる。そのため、灌水作業の省力化を目的に、灌水コントローラのみ除いた手動灌水システムの導入も多くみられた。手動灌水システムの場合、生産者が苗の状態を確認しながら、灌水する場合には水中ポンプを手動で運転し、点滴チューブで灌水を行う。その場合でも、慣行灌水と比べ作業時間の短縮と、軽労化が図れる。

自動灌水システムを利用する上での留意点として、育苗場所が傾斜している場合は、灌水量のばらつきが大きくなるため、平らな育苗場所が望ましい。灌水量のばらつきは、灌水チューブ内圧力が安定している状態では少ないが、圧力が安定するまでと、灌水停止後に灌水チューブ内の水が灌水孔より垂れる残水による影響が大きい。特に、残水は低い位置の灌水チューブから多く垂れ、傾斜が大きい場合には灌水量のばらつきが大きくなる。

短時間で配管および点滴チューブ内を水で満たすためには、点滴チューブの最高使用圧力を超えない範囲で、多くの水量を送れるポンプを選定する。また、点滴チューブまでの配管に 25A などの内径の大きい塩ビ配管を利用し、配管長を短くするなど、圧力損失を少なくする必要がある。

灌水停止後の残水は、内径の小さい点滴チューブの選定や、電磁弁を点滴チューブ近くに設置することで減らすことができる。

鉢ごとの乾き具合のばらつきを防ぐには、育苗ポットに詰める培養土の量を均一にする。また、初回の灌水時に、鉢の下部より水が流れる程度まで、しっかりと灌水を行い、すべての鉢の水分量を均一にする。

水分量計を設置した鉢が系統を代表する指標となるため、設置場所や日当たりに注意し、極端に乾きやすい場所や乾きにくい場所は避けることが望ましい。水分量設定は、使用する培土や点滴チューブと

水分センサーの距離、水分量計の設置方法、苗の生育、ハウス環境などにより変わるため、栽培環境に合わせて見直す必要がある。

自動灌水であっても育苗中の見回りは、慣行と同様に必要である。また、貯水タンクの残水量、水分量計の設置状況、日射量計の汚れ、バッテリー残量、灌水コントローラの動作状況など、苗の生育状況と合わせて確認が必要である。

本試験では、トマト育苗を対象にシステムを開発したが、他品目でも実証試験を行った。キュウリやイチゴのポット育苗では点滴チューブを利用し、ナスのポット育苗、アジサイではオンラインドリッパーを利用して、管理できることを確認している。日射量や水分量の設定などを変えることで、ポット育苗や鉢物であれば多くの作物に利用できる。また、水分量計の設置方法を工夫することで、キャベツセル成型苗で利用できることが確認されている³⁾。水分量計の設置方法や、灌水資材、水の供給方法を変えることで、さまざまな作物に活用できると考えられる。

謝 辞

試験実施にあたり、技術支援課普及指導室、関係農業事務所の普及指導員、さらに現地試験担当農家に協力と助言をいただいた。ここに記して厚く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 原澤幸二. 2018. 次世代につながる雨よけトマト産地の振興. 第 63 回全国野菜園芸技術研究会群馬大会資料
- 2) 吉川弘恭ら. 2010. ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法. 近畿中国四国農業研究センター研究資料. 7:21-31
- 3) 小泉丈晴ら. 2019. キャベツセル成型苗に対応した自動灌水システム. 群馬県農業技術センター研究報告. 16:27-32

(Key Words : Tomato, Irrigation System, Labor Saving, Solar Radiation, Soil Water)

Development of a Tomato Seedling Automatic Irrigation System that can be used without Power Sources and Waterworks

Kouichi TAMURA, Masaoki HARA and Hiroto YUMOTO

Summary

An automatic irrigation system for tomato seedlings, which can be used without power sources and waterworks, has been developed. The system automatically sprinkles water by measuring solar radiation and soil moisture and produces non-spindly, high-quality seedlings through frequent small-quantity water applications. Work time can be reduced to approximately 10% compared with conventional manual irrigation.